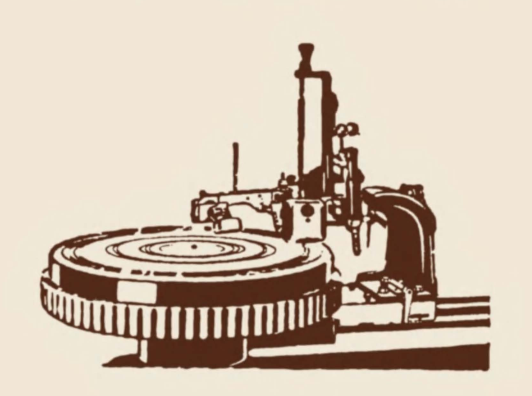


А. К. БЕКТАБЕГОВ и М. С. ЖУК

РЕКОРДЕР ДЛЯ ЗАПИСИ НА ДИСК





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ПЕРЕВОД ОТНОШЕНИЙ ТОКОВ, НАПРЯЖЕНИЙ И БЛИКОВ В ДЕЦИБЕЛЫ

Деци-белы	Десятые децибела									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,012	1,023	1,035	1,047	1,059	1,072	1,084	1,096	1,109
1	1,122	1,135	1,148	1,162	1,175	1,189	1,202	1,216	1,230	1,245
2	1,259	1,274	1,288	1,303	1,318	1,334	1,349	1,365	1,380	1,396
3	1,413	1,429	1,445	1,462	1,479	1,496	1,514	1,531	1,549	1,567
4	1,585	1,603	1,622	1,641	1,660	1,679	1,698	1,718	1,738	1,758
5	1,778	1,799	1,820	1,841	1,862	1,884	1,906	1,928	1,950	1,972
6	1,995	2,018	2,042	2,065	2,089	2,113	2,138	2,163	2,188	2,214
7	2,239	2,265	2,291	2,317	2,344	2,371	2,399	2,427	2,455	2,483
8	2,512	2,541	2,571	2,601	2,630	2,661	2,692	2,723	2,754	2,786
9	2,818	2,851	2,884	2,918	2,951	2,985	3,020	3,055	3,090	3,126
10	3,162	3,199	3,236	3,273	3,311	3,350	3,338	3,428	3,467	3,508
11	3,548	3,589	3,631	3,673	3,715	3,758	3,802	3,846	3,890	3,935
12	3,981	4,027	4,074	4,121	4,169	4,217	4,266	4,315	4,365	4,416
13	4,467	4,519	4,571	4,624	4,677	4,732	4,786	4,842	4,898	4,955
14	5,012	5,070	5,129	5,188	5,248	5,309	5,370	5,432	5,495	5,559
15	5,623	5,689	5,754	5,821	5,888	5,957	6,026	6,096	6,166	6,237
16	6,310	6,383	6,457	6,531	6,607	6,684	6,761	6,839	6,918	6,998
17	7,079	7,161	7,244	7,328	7,413	7,499	7,586	7,674	7,762	7,852
18	7,943	8,035	8,128	8,222	8,318	8,414	8,511	8,610	8,710	8,811
19	8,913	9,016	9,120	9,226	9,333	9,441	9,580	9,661	9,772	9,886
20	10,00	10,12	10,23	10,35	10,47	10,59	10,72	10,84	10,96	11,09
21	11,22	11,35	11,48	11,62	11,75	11,89	12,02	12,16	12,30	12,45
22	12,59	12,74	12,88	13,03	13,18	13,34	13,49	13,65	13,80	13,96
23	14,13	14,29	14,45	14,62	14,79	14,96	15,14	15,31	15,49	15,67
24	15,85	16,03	16,22	16,41	16,60	16,79	16,98	17,18	17,38	17,58
25	17,78	17,99	18,20	18,41	18,62	18,84	19,06	19,28	19,50	19,72
26	19,95	20,18	20,42	20,65	20,89	21,13	21,38	21,63	21,88	22,14
27	22,39	22,65	22,91	23,17	23,44	23,71	23,99	24,27	24,55	24,83
28	25,12	25,41	25,71	26,01	26,30	26,61	26,92	27,23	27,54	27,86
29	28,18	28,51	28,84	29,18	29,51	29,85	30,20	30,55	30,90	31,26
30	31,62	31,99	32,36	32,73	33,11	33,50	33,88	34,28	34,67	35,08
31	35,48	35,89	36,31	36,73	37,15	37,58	38,02	38,46	38,90	39,35
32	39,81	40,27	40,74	41,21	41,69	42,17	42,66	43,15	43,65	44,16
33	44,67	45,19	45,71	46,24	46,77	47,32	47,86	48,42	48,98	49,55
34	50,12	50,70	51,29	51,88	52,48	53,19	53,70	54,32	54,95	55,59
35	56,23	56,89	57,54	58,21	58,88	59,57	60,26	60,96	61,66	62,37
36	63,10	63,83	64,57	65,31	66,07	66,84	67,61	68,39	69,18	69,98
37	70,79	71,61	72,44	73,28	74,13	74,99	75,86	76,74	77,62	78,52
38	79,43	80,35	81,28	82,22	83,18	84,14	85,11	86,10	87,10	88,11
39	89,13	90,16	91,20	92,26	93,33	94,41	95,50	96,51	97,72	98,86

Окончание см. на 3 стр. обложки

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 99

А. К. БЕКТАБЕГОВ и М. С. ЖУК

РЕКОРДЕР ДЛЯ ЗАПИСИ НА ДИСК



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

Брошюра знакомит читателя с особенностями граммофонной (механической) звукозаписи на пленку. Описывается принцип действия современного электромагнитного рекордера, а также конструкция рекордера типа Р-83, разработанного во Всесоюзном научно-исследовательском институте звукозаписи для целей любительской звукозаписи. Конструкция рассчитана на самодельное изготовление. В конце брошюры приводятся способы снятия основных характеристик рекордера.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *И. К. Ржанович* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в набор 13/II 1951 г. Подписано к печати 14/IV 1951 г.
Бумага $82\times108^1/_{32}=^1/_2$ бум. л.—1,64 п. л. 2 уч.-изд. л.
Т-02661. Тираж 25 000 экз. Заказ 1067

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Граммофонная или, как ее часто называют, механическая звукозапись осуществляется нанесением (резанием или давлением) на поверхность какого-либо материала спиральной звуковой канавки. При профессиональной записи такого рода в качестве звуконосителя (пластинки) применяют лаковые и децелитовые тондиски. Для любительской граммофонной записи чаще всего используют фотопленку или рентгенопленку, освобожденную от фотоэмульсии.

Описываемый здесь рекордер типа Р-83 разработан для любительской звукозаписи. Он пригоден для использования его как на тондисках, приготовленных из фоторентгенопленки, так и на лаковых и децелитовых тондисках.

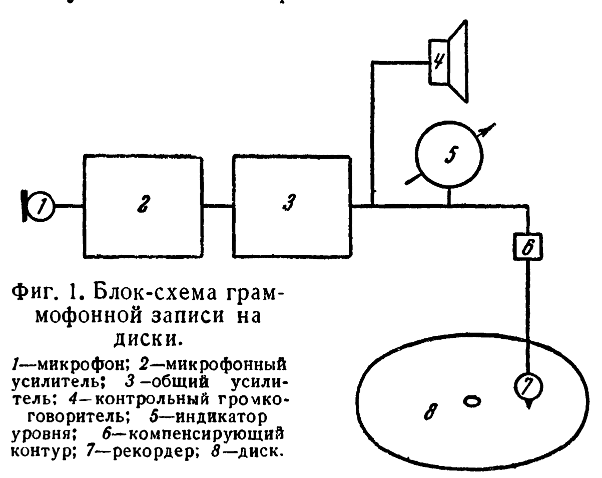
ГРАММОФОННАЯ ЗВУКОЗАПИСЬ

При любом виде записи стремятся к тому, чтобы воспроизведение записанного приближалось к естественному звучанию. Однако достигнуть этого в обычных условиях невозможно из-за искажений, вносимых пишущей и воспроизводящей аппаратурой.

Наиболее существенным при этом является невозможность при пользовании аппаратурой обычного типа воспроизвести натуральный динамический и частотный диапазоны звучания. Эти два ограничения и нарушают в основном натуральность звучания механической звукозаписи. Остановимся на каждом из них в отдельности.

Динамическим диапазоном называется разность между уровнями громкости наиболее сильного и наиболее слабого сигналов, выраженная в децибелах. Динамический диапазон симфонического оркестра равен примерно 70 *дб*. Сохранить такой динамический диапазон в граммофонной записи невозможно. Причиной этого являются следующие обстоятельства. Известно, что любой звуконоситель обладает собственным шумом, так называемым шипением, хорошо слышимым при воспроизведении. Самый слабый

сигнал, естественно, должен быть громче шипения, так как иначе он не будет услышан. Наиболее же громкий звук, записываемый на пластинку, определяется максимальной допустимой амплитудой записи на низких частотах, которая для промышленной пластинки не должна быть более 40 микрон. В результате этих ограничений динамический диапазон при записи на обычной граммофонной пластинке равен примерно 26—30 *дб*, а при записи на высококачественных звуконосителях ограничен 35—40 *дб*.



Фиг. 1. Блок-схема граммофонной записи на диски.

1—микрофон; *2*—микрофонный усилитель; *3*—общий усилитель; *4*—контрольный громкоговоритель; *5*—индикатор уровня; *6*—компенсирующий контур; *7*—рекордер; *8*—диск.

Частотный диапазон, воспринимаемый человеческим ухом, простирается от 16 до 20 000 *гц*. На промышленную же граммофонную пластинку записывается диапазон частот от 50 до 6 000 — 8 000 *гц*. Кроме того, большинство воспроизводящих устройств более или менее равномерно воспроизводит частоты только от 90—100 до 6 000 *гц*.

Блок-схема записи на диск приведена на фиг. 1. Звуковые волны воспринимаются микрофоном, который преобразует механические колебания в электрические. Последние после усиления подаются на рекордер, преобразующий их в механические колебания резца.

Диск, на котором производится запись, равномерно вращается с определенной скоростью (обычно 78 об/мин), а рекордер непрерывно передвигается вдоль радиуса диска. Таким образом, на поверхности диска резец вырезает спиральную канавку, идущую от края диска к его центру (или в обратном направлении).

Однако если какой-либо участок граммофонной записи рассмотреть под микроскопом или через сильное увеличительное стекло, то будет видно, что записанная канавка не является частью дуги, но несет на себе изгибы различной формы. Эти изгибы соответствуют различным звукам, которыми канавка модулируется при записи. Модуляцию можно осуществлять либо в плоскости пластинки (поперечная запись), либо перпендикулярно этой плоскости (глубинная запись).

Поперечная запись имеет наибольшее распространение, в частности, все промышленные граммофонные пластинки записаны этим способом.

Сам процесс записи может осуществляться двумя способами, именно вырезанием канавки или ее выдавливанием. Последний способ, несмотря на его относительную простоту, в силу своих особенностей оказывается пригодным только тогда, когда качество записи может быть достаточно низким. Поэтому область применения записи давлением ограничивается главным образом аппаратами для записи речи (диктофонами).

Материал для записи (так называемый звуконоситель) может применяться в форме цилиндрических валиков, плоских дисков и ленты.

Наиболее удобный в отношении эксплоатации и хранения, а потому и наиболее распространенный вид записи — это запись на плоский диск (так называемый тондиск).

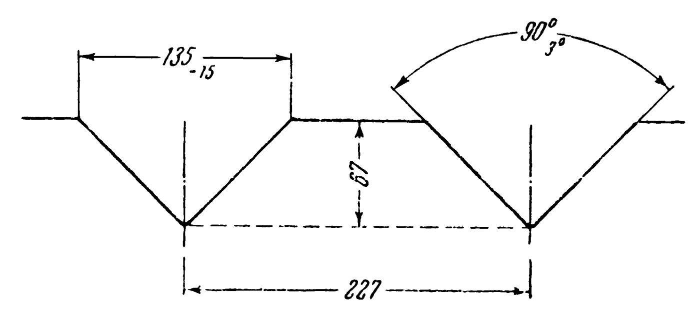
Форматы тондисков стандартизованы. Наиболее употребительны тондиски диаметром 250 и 300 *мм*. Для дисков из пленки лучшим размером является 250 *мм*. Можно вести запись и на дисках большего размера — до 300 *мм*. Однако на краю такого диска пленка начинает коробиться под резцом и легко рвется. Вообще же формат тондиска 300 *мм* является предельным для наиболее распространенного стандарта скорости вращения 78 об/мин из-за большой скорости резания на краю.

Длительность звучания диска при заданной скорости вращения определяется плотностью записи, т. е. числом канавок на единицу длины радиуса (числом канавок на 1 *см*).

Нормальная плотность записи на диск — 44 канавки на 1 *см*. При этом ширина канавки должна составлять 60% от шага записи. Таким образом, для указанной выше плотности ширина канавки равна 0,135 *мм*. Во время воспроизведения нормальная стальная граммофонная игла надеж-

но удерживается в такой канавке. Поперечное сечение этой канавки показано на фиг. 2.

В табл. 1 приведены стандарты записи на дисках диаметром 200, 250 и 300 *мм* для случая, когда запись произ-



Фиг. 2. Поперечное сечение „немых" канавок, записанных корундовым резцом треста „Русские самоцветы". Плотность записи 44 канавки на сантиметр (все размеры в микронах).

водится от края к центру. Если же запись производится от центра к краю, то названия граф «диаметр начала записи» и «минимальный диаметр последней канавки записи» надо поменять местами, а графу «диаметр замкнутого концентрического круга» исключить.

Таблица 1

Формат диска	Наружный диаметр, *мм*	Диаметр начала записи, *мм*	Минимальный диаметр последней канавки записи, *мм*	Диаметр замкнутого концентрического круга, *мм*	Диаметр центрового отверстия, *мм*	Время звучания при плотности 44 канавки на 1 *см*	Скорость, об/мин
$Ф_{20}$	$200^{\pm 2}$	$192^{\pm 1}$	95	86^{-1}	$7^{+0,2}$	2 мин. 40 сек.	78
$Ф_{25}$	$250^{\pm 2}$	$240^{\pm 1}$	105	95^{-1}	$7^{+0,2}$	3 мин. 45 сек.	78
$Ф_{30}$	$300^{\pm 3}$	$288^{\pm 1}$	105	95^{-1}	$7^{+0,2}$	5 мин. 05 сек.	78

Повышать плотность записи, стремясь увеличить время звучания, не следует. При чрезмерной плотности ширина и глубина канавки становятся столь малыми, что игла при воспроизведении на неровностях пленки будет легко выскакивать из канавки. Кроме того, в этом случае приходится уменьшать уровень сигнала во избежание перерезания ка-

навок при записи, что вызывает относительное увеличение уровня шума пленки, и без того достаточно высокого.

Как уже говорилось, граммофонная запись на диск по направлению может осуществляться либо от края диска к центру, либо наоборот. Однако в любительских условиях запись от центра к краю более предпочтительна. При записи резанием стружка всегда сходит к центру. Поэтому при записи от центра к краю стружка обматывается вокруг прижима и не попадает под резец. Кроме того, пленка хорошо укладывается на подложке во время записи, так как при движении резца к краю она автоматически расправляется. И, наконец, громкость звучания подавляющего большинства произведений возрастает к концу. У края диска благодаря наибольшей линейной скорости движения иглы по канавке условия воспроизведения будут легче всего, здесь модулированная кривая наиболее растянута и вследствие этого игла легко следует за извилинами канавки.

ЗВУКОНОСИТЕЛИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

В любительской звукозаписи применяются такие звуконосители, которые не требуют никакой дальнейшей обработки и позволяют сразу же после записи вести многократное воспроизведение. К наиболее известным звуконосителям этого типа относятся лаковые тондиски, децелитовые тондиски и тондиски из целлулоидной пленки.

Лаковые тондиски представляют собой алюминиевый или стеклянный диск-подложку с нанесенным на обе поверхности тонким слоем специального нитролака (толщиной порядка 0,2 *мм*), на котором и производится запись. По качеству записи эти диски являются наилучшими. Кроме того, на их поверхности хорошо виден световой блик, что позволяет легко следить за уровнем записи. Уровень собственного шума (шипение) лака при воспроизведении чрезвычайно мал и равен минус 45 *дб* относительно стандартного среднего уровня. Стандартным средним уровнем называется величина отдачи того же звукоснимателя при воспроизведении частоты 1 000 *гц*, записанной с колебательной скоростью 5 *см/сек* (световой блик 12,5 *мм*). Для сравнения укажем, что уровень шипения шеллачной пластинки равен минус 27—30 *дб*.

Лаковые тондиски допускают запись широкого диапазона частот в пределах от 30 до 10 000 *гц* и применяются

тогда, когда требуется высокое качество записи. Основной недостаток этих тондисков заключается в их сравнительно небольшой износостойкости. Поэтому многократное воспроизведение с этих дисков может производиться только звукоснимателями с относительно небольшим весом, приведенным к концу иглы, т. е. с малым давлением на пластинку (порядка 40 *г* и ниже). Воспроизводить лаковые тондиски на акустическом граммофоне вообще невозможно, так как вследствие большого веса мембраны игла в этом случае разрушает канавку.

Децелитовые тондиски представляют собой трехслойные гибкие диски, их средний слой (подложка) изготовлен из пластмассы, а оба наружных слоя — из пластмассы или лака (тип Л). Воспроизведение записи, сделанной на этих дисках, можно вести и с помощью звукоснимателя, имеющего приведенный вес около 60 *г*. При этом после 60-кратного воспроизведения заметных искажений еще не возникает, но уровень шипения увеличивается примерно на 4 *дб*.

Децелитовые диски типа Л имеют блестящую поверхность и могут записываться только стальными резцами, так как резцы с полирующей гранью дают характерную «дробь» и свистят при записи. Уровень шипения равен минус 34 *дб* относительно стандартного среднего уровня. Эти тондиски рассчитаны на запись частот примерно до 6 000 *гц*. Воспроизводить записи на децелитовых дисках с помощью акустического граммофона не рекомендуется, так как диски быстро приходят в негодность.

Самым доступным для любителей звуконосителем является рентгенопленка или фотопленка. Такая пленка изготовляется двух типов — горючая и негорючая. Лучшей для записи является горючая пленка (целлулоидная), так как уровень шипения у нее значительно ниже.

С горючей пленкой следует обращаться очень осторожно, она огнеопасна. Хранить ее следует небольшими пачками в закрытых коробках. Особенно удобны жестяные коробки от кинопленки. Следует иметь в виду, что старая, высохшая горючая пленка тоже будет иметь высокий уровень шипения. Уровень же шипения при записи на свежей пленке сравним с уровнем шипения шеллачной пластинки и равен минус 28 *дб* относительно стандартного среднего уровня.

Частотный диапазон при записи на целлулоидную пленку ограничен сверху 4 000—5 000 *гц*. Записи и воспроизведению частот выше 5 000 *гц* препятствуют сравнительно высокий

уровень шипения, а также упругие свойства пленки. Дело в том, что при записи материал пленки успевает несколько сдвинуться под резцом (упругая деформация), а после его ухода возвратиться обратно. Это явление особенно сильно сказывается на высоких частотах, уменьшая и без того малую амплитуду записи.

Износостойкость пленки сравнительно велика, и запись может воспроизводиться даже на акустическом граммофоне. Правда, число воспроизведений при этом весьма ограничено (примерно 10—12 раз).

Качество любого звуконосителя можно легко определить по стружке, отходящей при записи. Эластичная, мягкая, непрерывная стружка свидетельствует о хорошем качестве материала. Сухая, легко рвущаяся стружка указывает на плохое качество звуконосителя или даже его полную непригодность.

Особо следует остановиться на хранении записей. Пыль и грязь сильно ухудшают качество воспроизведения вследствие резкого повышения уровня шипения, а также увеличивают износ записи. Поэтому диски с записью следует хранить в закрытых коробках в лежачем положении. Лаковые тондиски можно хранить в конвертах, децелитовые хорошо прокладывать калькой, укладывая их друг на друга. Пленочные тондиски можно прокладывать калькой или папиросной бумагой. Их рекомедуется хранить под небольшим давлением, равномерно распределенным по всей поверхности; это предохраняет их от коробления.

Перед воспроизведением тондиск следует осторожно протереть замшей, чтобы удалить попавшую в канавку пыль. Пленку можно протирать также ладонью, вытирая последнюю чистой тряпкой.

В качестве подложки под пленку при записи и при воспроизведении следует применять гладкую резину или гибкую подложку децелитового диска или сам тондиск (незаписанный). Перед установкой и пленочный диск и подложка должны быть тщательно вытерты от пыли. Соринка, попадая между пленкой и подложкой, вызывает подпрыгивание резца и перерыв спирали в нескольких канавках, что недопустимо.

На станке рекомендуется иметь микроскоп для того, чтобы можно было вести контроль при подборе глубины резания канавки (обычно ширина канавки должна быть немного больше ширины поля между двумя канавками), а так-

же просматривать готовую запись в местах, вызывающих сомнение. К микроскопу надо сделать подсвет, для чего можно применить лампочку карманного фонаря с рефлектором. Лампа должна быть расположена по ходу вращения тондиска так, чтобы равномерно освещать обе стенки канавки.

Как уже было упомянуто, при воспроизведении под пленку необходимо подкладывать подложку. На ось диска обычно надевается цилиндрический свинцовый груз, прижимающий пленку к подложке и предохраняющий ее от проворачивания.

Воспроизводить запись можно стальной иглой среднего тона (иглами громкого тона лучше не пользоваться, так как они увеличивают износ записи), предварительно проиграв ею одну сторону шеллачной пластинки. Такой иглой можно воспроизводить до 20 сторон записей на пленке.

РЕЗЦЫ ДЛЯ ЗАПИСИ

Для различных типов звуконосителей применяются и различные резцы. Однако надо иметь в виду, что и при правильно выбранном резце получаемые результаты во многом зависят от его качества и установки.

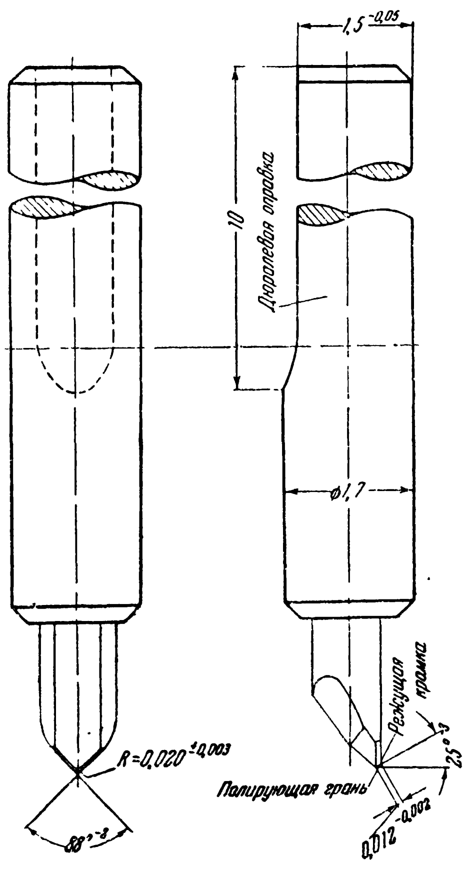
На фиг. 3 приведен чертеж сапфирового резца для лаковых тондисков. Его характерной особенностью является наличие полирующей грани, расположенной непосредственно за режущей кромкой. Эта грань шириной всего порядка 12 микрон, слегка раздвигая стенки вырезанной канавки, полирует их так, что поверхность становится зеркальной. На децелитовых тондисках этот резец может дать «дробь», а на пленке его полирующая грань дополнительно ухудшает запись высоких частот. Правильная установка резца показана на фиг. 4, слева.

Приблизительный срок работы на лаковых тондисках для сапфирового резца 8 час. непрерывной записи, для стального — до 30 мин.

Стальной резец для децелитовых тондисков показан на фиг. 5. Как можно видеть, здесь нет ни радиуса закругления, ни полирующей кромки. Резец может применяться и для записи на пленку. Для лаковых тондисков он мало пригоден, так как не полирует канавку и, как следствие этого, дает бóльший шум. Так как полировка фронтальной грани стальных резцов производится по радиусу, то для того, чтобы выдержать требуемый прямой угол при соприкоснове-

нии со звукоснимателем, резец должен быть установлен так, как показано на фиг. 4, справа. Срок службы резца на децелитовых тондисках до пяти записей.

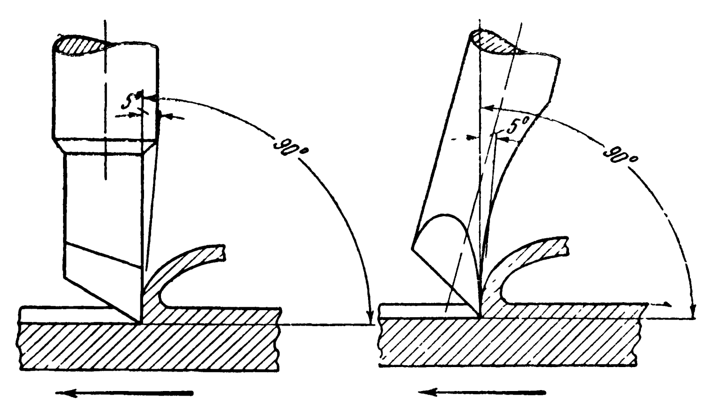
Неприятной особенностью стальных резцов является то обстоятельство, что часто во время записи резец начинает свистеть, причем свист сохраняется при воспроизведении. В этом случае следует попробовать изменить установку резца, а если это не поможет, то уменьшить глубину резания.



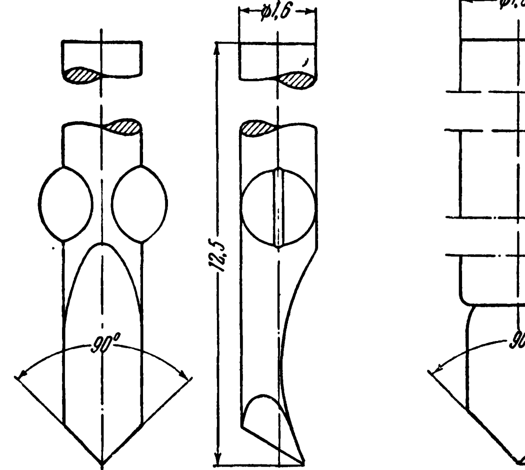
Фиг. 3. Сапфировый резец для лаковых тондисков.

Форма сапфирового резца треста «Русские самоцветы» показана на фиг. 6. Здесь мы также не имеем полирующей грани. Это лучшие резцы для записи на пленку. К сожалению, конфигурация резца часто оказывается не выдержанной и резец не дает симметричной канавки или «стирает» высокие частоты, что вызывает сильные искажения, слышимые при воспроизведении в виде хрипа. Поэтому, чтобы убедиться в хорошем качестве записи, эти резцы следует проверять не только по записи немой канавки, но и по записи какого-либо музыкального отрывка.

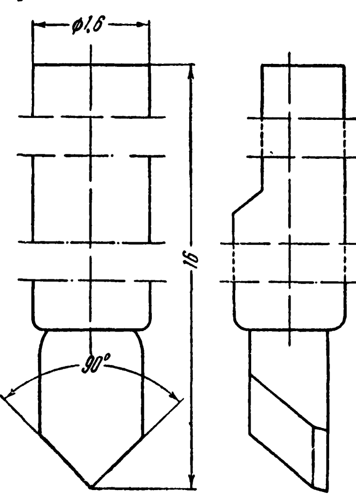
Срок службы сапфировых резцов при записи на пленку весьма невелик. Он ограничивается примерно одним часом



Фиг. 4. Правильное положение сапфирового (слева) и стального (справа) резцов при записи.



Фиг. 5. Стальной резец для децелитовых тондисков и пленки.



Фиг. 6. Сапфировый резец треста „Русские самоцветы" (типа шоринофон).

работы (около 20 записей). Установка сапфирового резца производится так же, как и резца для лаковых тондисков.

За резцами необходим тщательный уход, так как при неосторожном обращении их режущие кромки можно легко повредить. Резцы следует хранить в отдельной коробке, причем каждый резец надо завернуть в кусочек ваты.

Контроль за работой резца облегчается тем обстоятельством, что испорченный резец начинает сильно шипеть при записи, а кроме того, дает матовую серую канавку. Эти обстоятельства надо всегда иметь в виду; хороший, правильно установленный резец на хорошем звуконосителе должен писать почти бесшумно.

В заключение несколько слов о переточке резцов. Перетачивать сапфировые резцы в любительских условиях невозможно. Переточка же стальных резцов с помощью тонкой наждачной шкурки при известном навыке удается настолько хорошо, что полученные записи ничем не отличаются от выполненных новыми резцами.

Переточка резцов производится следующим образом. На вал быстроходного двигателя (1 300—2 000 об/мин) насаживается эбонитовый диск диаметром примерно 40 *мм* и толщиной около 10 *мм*. После этого внешняя плоскость диска во избежание биения протачивается и покрывается кружком из тонкой наждачной или лучше стеклянной шкурки. Шкурку можно наклеить или закрепить винтом с шайбой.

Перетачиваемый резец вставляется в державку и на мгновение прижимается одной из боковых граней к вращающемуся диску. Затем то же самое проделывается и с другой боковой гранью резца. Переднюю грань трогать не следует.

Готовый резец не должен иметь заусенцев на режущих кромках. Для того чтобы предупредить их возникновение, необходимо пользоваться только новой чистой шкуркой.

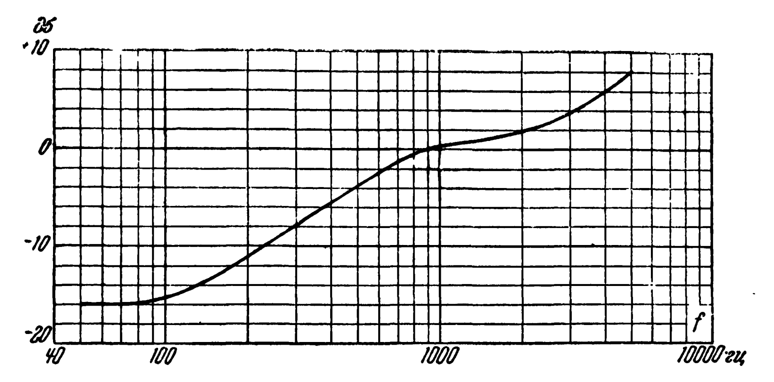
ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАПИСИ

Запись чистого тона на пластинке в первом приближении представляет собой синусоиду, которая характеризуется амплитудой и частотой. Конец резца, вырезая на диске эту синусоиду, совершает колебания вокруг своего среднего положения, причем его максимальная скорость, называемая обычно колебательной скоростью, связана с частотой и амплитудой следующей зависимостью:

$$x' = 0{,}628 f \cdot A,$$

где x' — колебательная скорость, *см/сек*;
f — частота, *гц*;
A — амплитуда записи, *мм*.

Если с помощью звукозаписывающей аппаратуры производить запись чистого тона, поддерживая постоянной силу звука, но постепенно изменяя его частоту, например, повышая ее от самых низких частот, то колебательная скорость резца, а также его амплитуда будут меняться определенным образом. Характер этого изменения определяется несколькими факторами. График, показывающий изменение колебательной скорости резца во время записи, в зависимости от

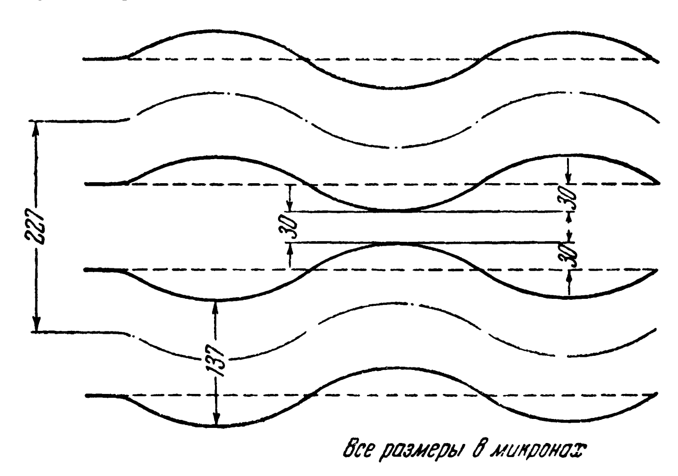


Фиг. 7. Частотная характеристика, рекомендуемая для записи на целлулоидные диски.

частоты записываемого звука, называется **частотной характеристикой записи**. Эта характеристика зависит также и от материала, на котором производится вырезывание звуковой канавки.

Можно считать, что звуковое давление, развиваемое акустическим граммофоном, а также напряжение, даваемое электромагнитным звукоснимателем, прямо пропорционально колебательной скорости иглы. Поэтому принципиально желательно было бы получить горизонтальную характеристику записи, т. е. характеристику, при которой колебательная скорость на всех частотах остается постоянной, а амплитуда колебаний резца (согласно вышеприведенной формуле) уменьшается обратно пропорционально частоте. Однако рабочие частотные характеристики записи, в том числе и интересующая нас характеристика, рекомендуемая авторами для записи на целлулоидные диски (фиг. 7), по ряду причин заметно отличаются от горизонтальной прямой. Остановимся на этих причинах подробнее.

На самых низких частотах (от 50 до 100 *гц*) колебательная скорость имеет значение, определяемое максимально допустимой величиной амплитуды звуковой канавки (на этих частотах при горизонтальной частотной характеристике записи, как мы это выяснили выше, амплитуда имеет наибольшую величину). При плотности записи 44 канавки на сантиметр амплитуда колебаний резца не должна превосходить 30 микрон. При этом в наихудшем случае, когда гребни наи-



Фиг. 8. Максимальная амплитуда записи при шаге 227 микрон.

больших амплитуд соседних канавок приходятся друг против друга, поле между ними будет не менее 30 микрон (фиг. 8). Это необходимо для предупреждения явления эхо, которое может возникнуть в случае малого поля из-за смещения стенок соседних канавок.

Кажется очевидным, что можно было бы, исходя из приведенных данных, определить колебательную скорость и вести запись, поддерживая эту величину скорости постоянной. Однако расчет по формуле $x' = 6{,}23\ f\ A$, показывает, что при такой записи уже на частотах порядка 1 000—2 000 *гц* амплитуды станут настолько малы, что запись тихих звуков нельзя будет воспроизвести. Поэтому в диапазоне от 100 *гц* и до так называемой частоты перехода запись ведут, увеличивая колебательную скорость прямо пропорционально частоте, амплитуда колебаний резца при этом остается посто-

янной. Начиная же с частоты перехода, запись ведется уже с постоянной скоростью. Частота перехода определяется из условий достаточно хорошего воспроизведения высших частот записываемого диапазона. Для промышленных граммофонных пластинок эта частота равна 600—800 *гц*.

Условия записи высоких частот на целлулоиде из-за большой его упругости значительно тяжелее, чем при записи на воске (при изготовлении граммпластинок первую запись ведут на восковых тондисках). Поэтому при записи на целлулоидные диски частоту перехода имеет смысл взять несколько большей — около 900 *гц*.

В сторону высоких частот от частоты перехода колебательная скорость резца должна бы оставаться постоянной. Однако при этом запись высоких частот была бы недостаточно хорошей. Объясняется это двумя обстоятельствами: во-первых, как мы уже упоминали, на высоких частотах сильно сказывается влияние упругой деформации пленки, во-вторых, звуковая энергия естественных звучаний голоса, оркестра и большинства инструментов на этих частотах невелика, амплитуды очень малы, и при записи с постоянной скоростью не удается получить необходимого перекрытия шипения пленки при проигрывании. Поэтому частотная характеристика записи на частотах выше 1 500 *гц* должна иметь плавный подъем, достигающий на верхней граничной частоте нашего рабочего диапазона (5 000 *гц*) 6—8 *дб* по отношению к уровню на 1 000 *гц*.

Таким образом, частотная характеристика записи имеет завал в сторону низких частот и подъем в сторону высоких (фиг. 7).

Для получения завала на низких частотах последовательно с рекордером включается контур, состоящий из сопротивления и емкости, величины которых подбираются опытным путем.

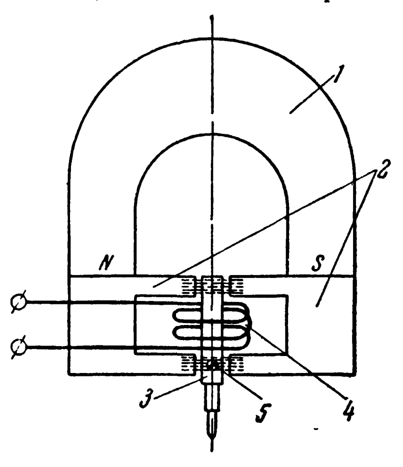
Подъем на высоких частотах осуществляется при помощи коррекции в усилителе записи. Иногда для этой цели может быть использован резонанс подвижной системы рекордера.

Для того чтобы при проигрывании записанных дисков получить достаточно хорошее воспроизведение всей рабочей полосы частот, звукосниматель (или весь воспроизводящий тракт) должен иметь частотную характеристику, приближающуюся к так называемой характеристике воспроизведения (кривая, обратная характеристики записи).

РЕКОРДЕР

Для записи на диски как профессиональной, так и любительской применяются почти исключительно электромагнитные рекордеры. Поэтому мы ограничимся описанием электромагнитного рекордера, сконструированного специально для записи на целлулоидную пленку.

Рекордер работает по так называемой мостовой (или дифференциальной) магнитной схеме, показанной на фиг. 9. Подковообразный постоянный магнит *1* снабжен двумя П-образными полюсными наконечниками *2*. Якорь *3* свободно проходит через неподвижную катушку *4*, и может вращаться вокруг оси *5*, расположенной между нижними плечами полюсных наконечников. Таким образом, якорь образует диагональ магнитного моста и в нейтральном положении вдоль якоря магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом, не проходит.



Фиг. 9. Магнитная схема рекордера.
1—магнит; *2*—полюсные наконечники; *3*—якорь; *4*—катушка; *5*—ось.

Во время работы рекордера через якорь и полюсные наконечники проходит переменный магнитный поток, создаваемый катушкой. Этот поток в одних зазорах будет складываться с полем постоянного магнита, а в других вычитаться из него. При этом баланс моста нарушится и якорь притянется к одному из полюсов.

Перечислим основные условия, которым должен удовлетворять рекордер:

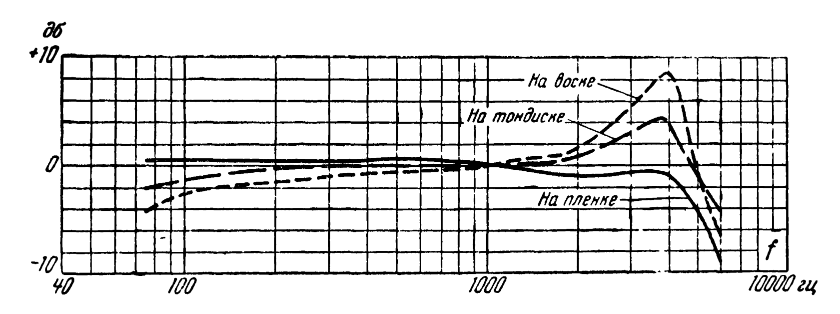
1. Частотная характеристика рекордера должна приближаться к требуемой характеристике записи.

2. В рабочем участке рекордер должен иметь прямолинейную амплитудную характеристику.

3. Рекордер должен нормально работать от усилителя мощностью 7—10 *вт* (например, от усилителя с двухтактной выходной ступенью на лампах 6Л6).

Частотные характеристики электромагнитного рекордера типа Р-83, снятые на различных звуконосителях, представ-

лены на фиг. 10. Как можно видеть, резонанс подвижной системы рекордера лежит в области 4 000 *гц*, после чего кривая идет вниз. Верхней граничной частотой при этом можно считать 4 500 *гц*. Частота резонанса зависит от массы подвижной системы (массы якоря *4*), упругости ее закрепления, которая определяется данными стальной центрирующей пружины *9* (см. фиг. 11) и резиновых подшипников *5*. Чем меньше масса якоря и чем сильнее пружина, тем выше резонанс подвижной системы, определяющий верхнюю гра-



Фиг. 10. Частотные характеристики рекордера Р-83 при записи на воске, тондиске и пленке.

ницу частотной характеристики рекордера. Но чем сильнее пружина, тем меньше чувствительность рекордера при прочих равных условиях.

Для глушения резонансного пика в механизм рекордера должно быть введено активное сопротивление. В данной конструкции это сопротивление вносит сама пленка.

Амплитудная характеристика рекордера, определяющая собой наличие нелинейных искажений, зависит от качества сборки и регулировки рекордера. Как при сборке, так и в эксплоатации необходимо следить за тем, чтобы правые верхний и нижний зазоры были соответственно равны левым. Симметрия нижних зазоров может быть достигнута только при сборке. Симметрию верхних зазоров можно регулировать. Однако при сборке необходимо следить за тем, чтобы язычок якоря, еще до закрепления винтом центрирующей пружины, находился в середине верхнего зазора. Начальный перекос якоря приводит к возникновению нелинейных искажений, даже в случае последующей центровки якоря с помощью пружины. Искажения возникают из-за наличия по-

стоянного неуравновешенного усилия, стремящегося сместить якорь в сторону.

Чувствительность рекордера зависит от числа ампервитков катушки, качества магнита, величины зазоров и в некоторой степени от материала, из которого изготовлены полюсные наконечники и якорь.

Число ампервитков катушки не может быть взято очень большим, так как в материале якоря ни при каких условиях не должно возникать насыщения. Качество магнита и величина воздушных зазоров связаны между собой. Последние выбираются так, чтобы так называемая отрицательная упругость магнитного поля (стремление полюсных наконечников притянуть якорь) была значительно меньше упругости (положительной) центрирующей пружины. В противном случае при записи будут возникать большие нелинейные искажения. Поэтому чрезмерно сильный магнит требует увеличения воздушных зазоров, что приводит опять к уменьшению чувствительности.

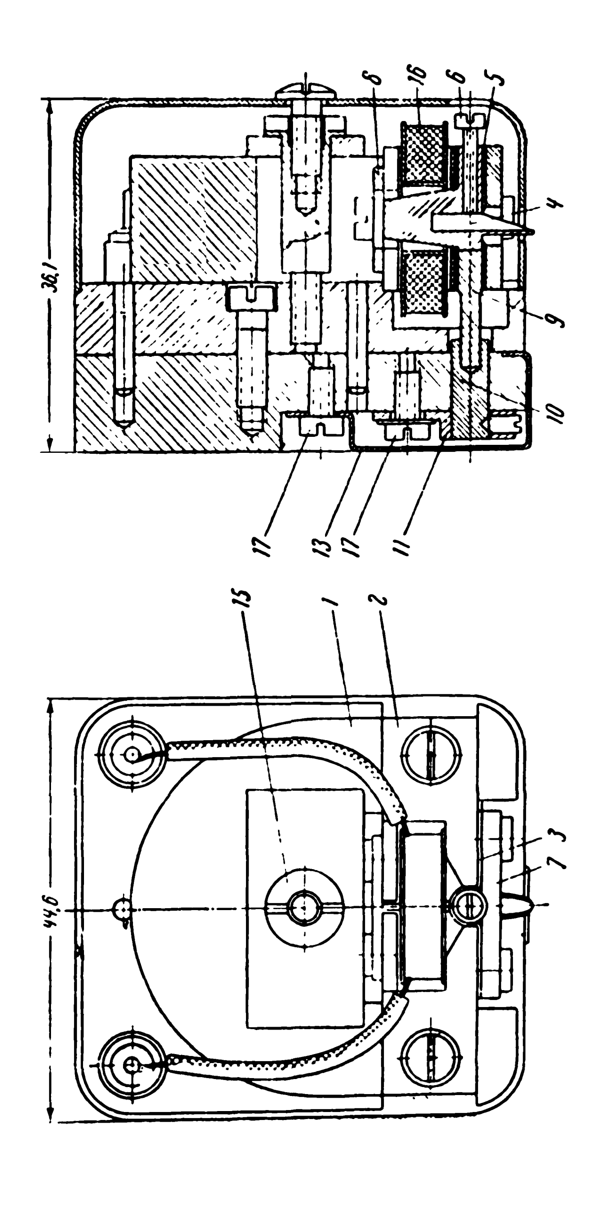
Величина рассеяния магнитного потока зависит от магнитных свойств материала, из которого изготовлены полюсные наконечники и якорь. Естественно, что чем меньше рассеяние, тем лучше. Наличие же большого рассеяния может заметно снизить чувствительность. Одним из лучших материалов для этой цели является железо Армко.

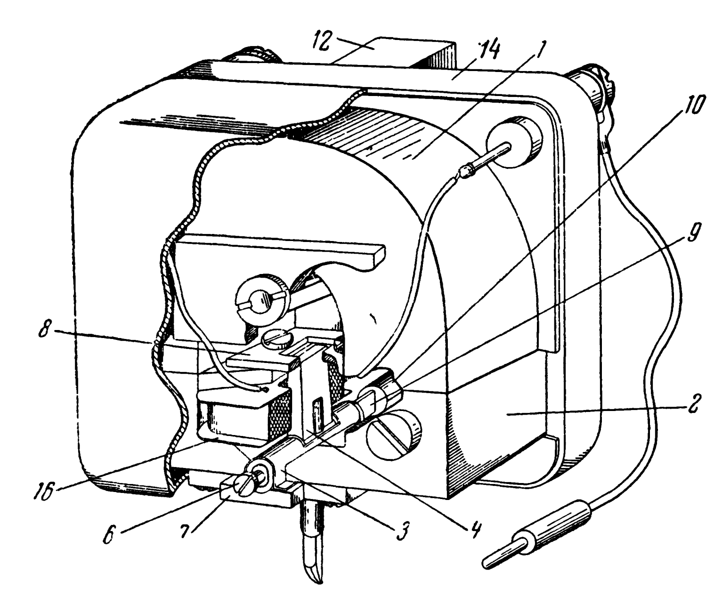
Устройство рекордера типа Р-83 показано на фиг. 11.

Горизонтальный вал якоря *4* зажат в резиновых подшипниках *5* между обоймой *3* и латунной стяжкой *7*. Чтобы сделать жесткой всю систему, полюсные наконечники *2* сверху соединены латунной стяжкой *8*. В ней сделано отверстие для наблюдения при центровке за концом якоря. В переднюю часть якоря входит зажимной винт *6*. В другой конец горизонтального вала якоря вделана пружина *9* из фосфористой бронзы, работающая на скручивание. Противоположный конец пружины впаян в колпачок *10*, управляемый рычагом *11*. После центровки положение этого рычага фиксируется винтом *17*. Катушка *16* неподвижно закреплена в полюсных наконечниках.

Чертежи основных деталей рекордера типа Р-83 приведены на фиг. 12. Нумерация деталей в приведенных на фиг. 12 чертежах сделана в соответствии с фиг. 11.

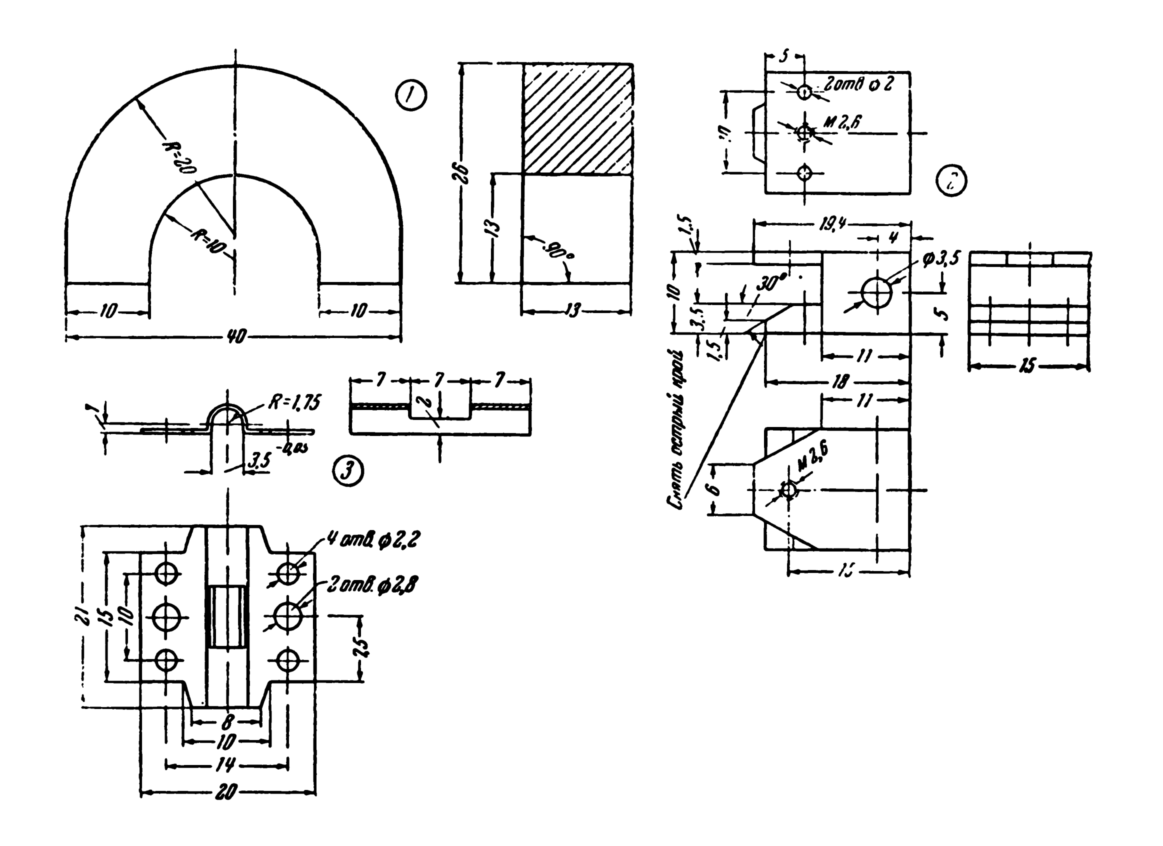
Все детали магнитной системы рекордера должны быть изготовлены весьма тщательно. Полюсные наконечники нужно располагать точно друг против друга без перекосов.


36,1
8
16
6
5
4
9
10
17
13
17
11
44,6
15
1
2
3
7

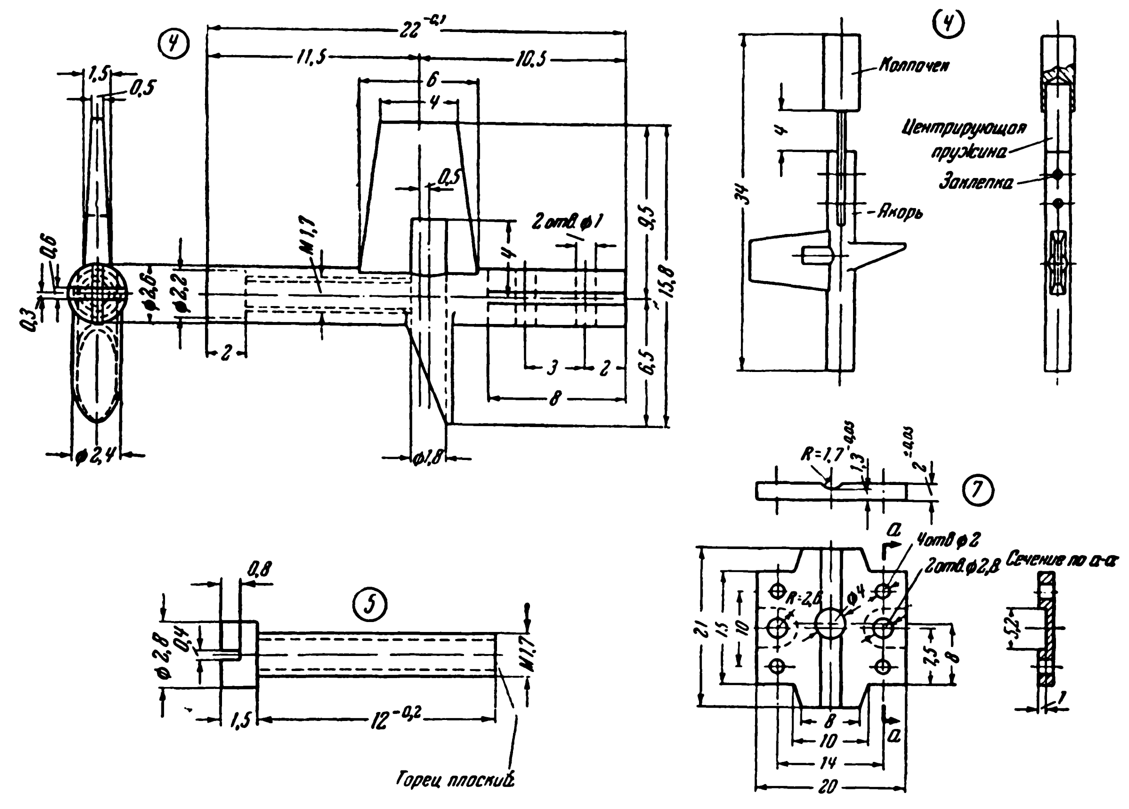


Фиг. 11. Устройство рекордера Р-83.
(стр. 20, 21)

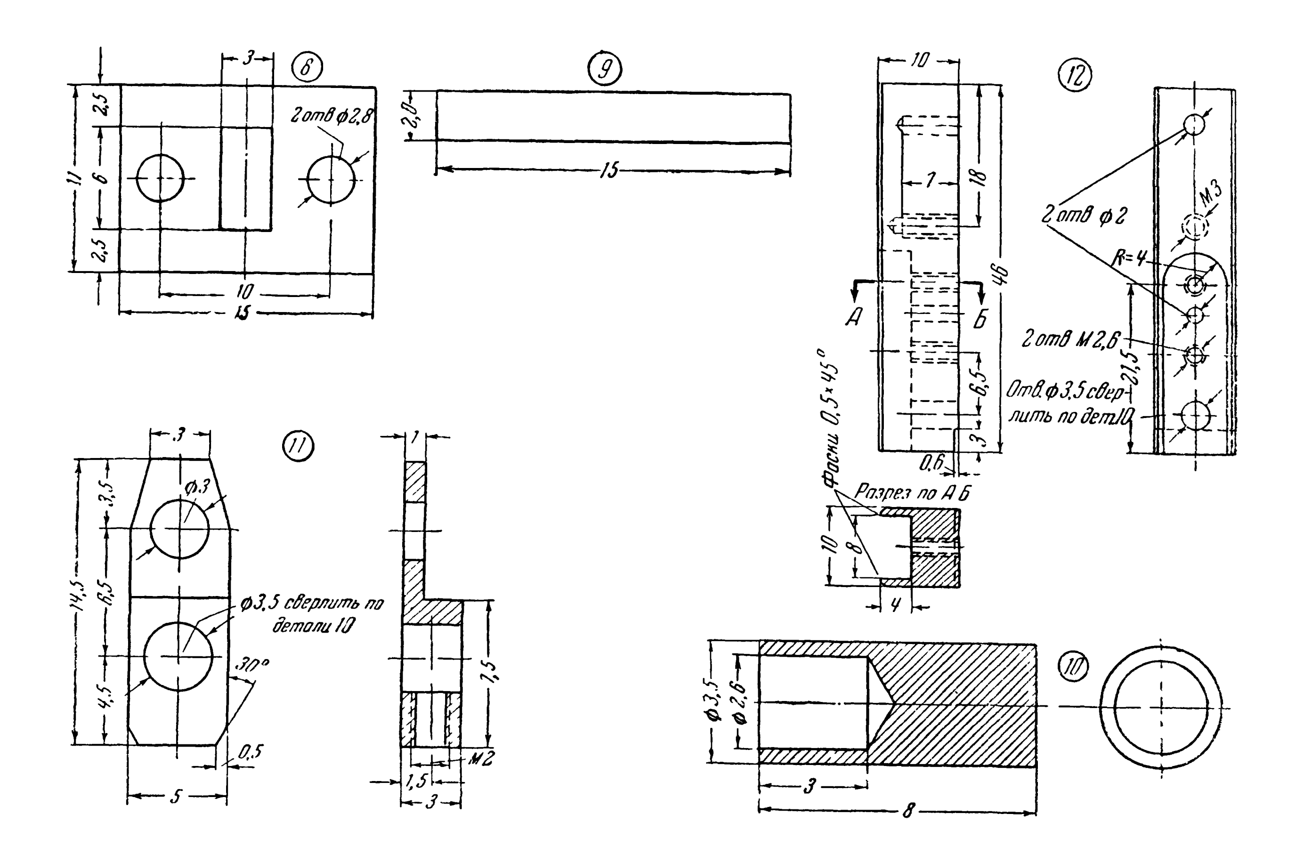
1 — магнит (литой из никельалюминиевого сплава, остаточная индукция не менее 6 000 *гс*, коэрцитивная сила не менее 450 *э*); *2* — полюсные наконечники (2 шт. из мягкой стали, отникелировать; зазоры между наконечниками: верхний — 1,2 *мм*; нижний — *4 мм*); *3*—обойма (из латуни 0,3 *мм*); *4*—якорь (из мягкой стали, отникелировать); *5* — подшипник (2 шт. из резиновой трубки, наружный диаметр 3,5, внутренний 2,5, длина 4,5 *мм*); *6*—зажимной винт (из стальной серебрянки, закалить и отворонить) *7*—стяжка нижняя (из латуни); *8*—стяжка верхняя (из латуни 1 *мм*); *9* — центрирующая пружина (из фосфористой бронзы 0,6 *мм*, не должна иметь поперечные риски, соединяется с якорем заклепками из мягкой стали, соединение пропаивается оловом и промывается затем в щелочном растворе, лишнее олово тщательно удаляется); *10*—колпачок (из латуни, впаивается оловом); *11* — рычаг (из латуни); *12* — хвостовик (из латуни, отникелировать); *13* — козырек (из гартованной латуни 0,5 *мм*, отникелировать); *14* — плата (из латуни, отникелировать); *15* — прижимной винт (из латуни); *16*—каркас катушки (из пластмассы); *17*—винты (латунь).



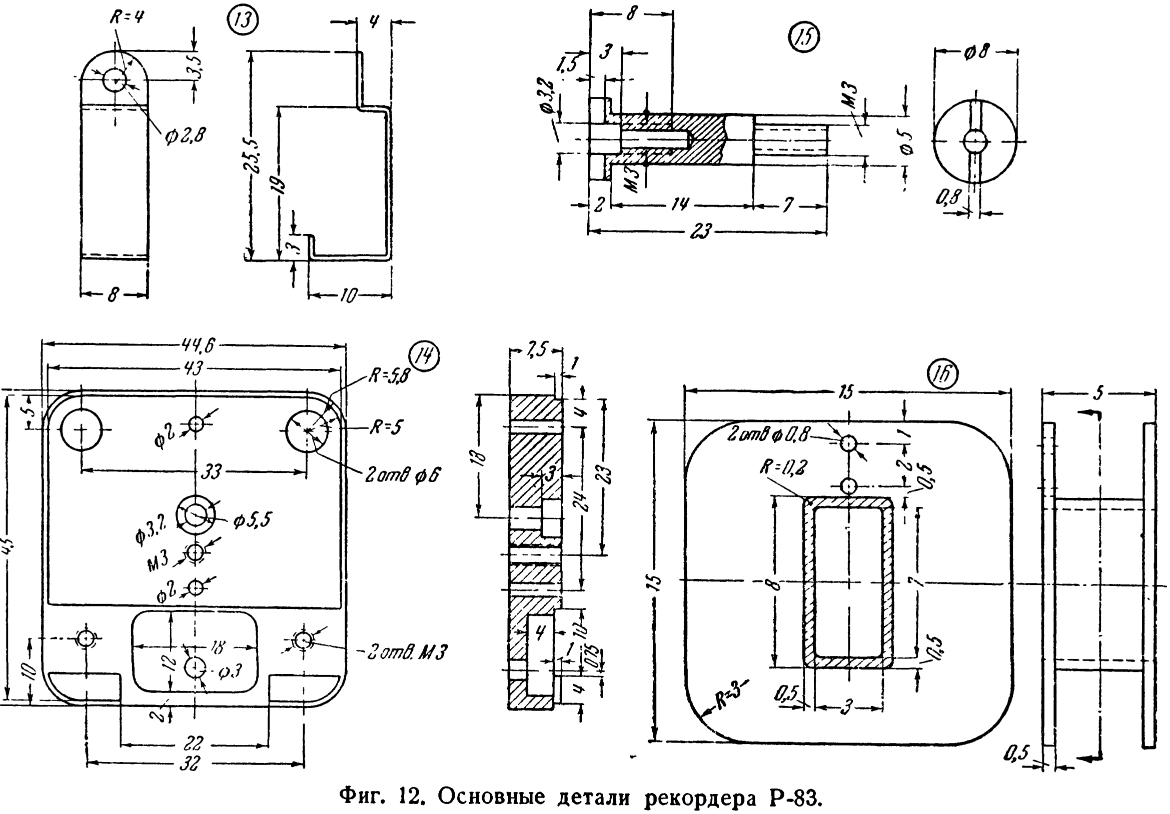
1
R=20
R=10
2
2отв ф2
М2,6
ф3,5
Снять острый край
3
R=1,75
4 отв. ф2,2
2 отв. ф2,8



Фиг. 12. Основные детали рекордера Р-83.
(см. прод. на 24—25 стр.)

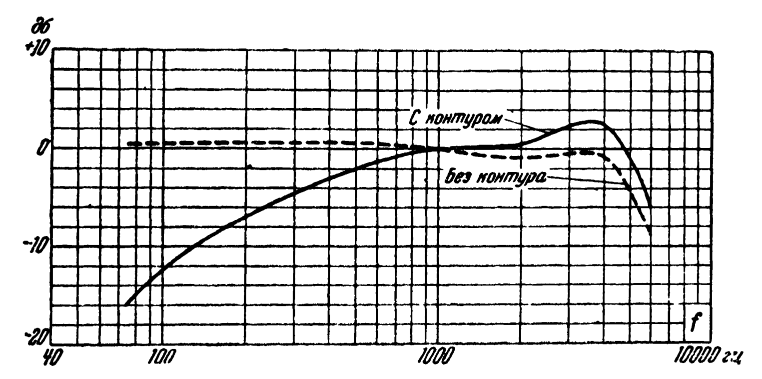


8
2 отв ф 2,8
9
12
2 отв ф 2
M3
R=4
2 отв M 2,6
Отв ф 3,5 сверлить по дет 10
А
Б
Фаски 0,5×45°
Разрез по А Б
11
ф 3
ф 3,5 сверлить по детали 10
30°
M2
10
ф 3,5
ф 2,6



Фиг. 12. Основные детали рекордера Р-83.

Якорь должен плотно сидеть в подшипниках. Особенное внимание следует уделить соединению якоря с центрирующей пружиной и колпачком. Все механические соединения должны быть выполнены очень надежно и тщательно пропаяны. Места паек для удаления следов кислоты надо промыть щелочным раствором. Торцы полюсов магнита должны по всей поверхности плотно прилегать к полюсным наконечникам. Наличие воздушных зазоров в этих местах приведет



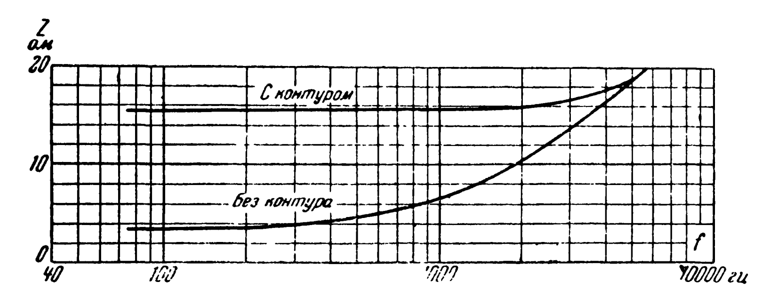
Фиг. 13. Частотная характеристика рекордера Р-83 с компенсирующим контуром при записи на пленке.

к бесполезной потере магнитной энергии. Катушку надо неподвижно закрепить в полюсных наконечниках с помощью прокладок или клея.

Как мы уже указывали, при сборке рекордера необходимо следить за тем, чтобы язычок якоря стал в середине верхнего зазора. Колпачок центрирующей пружины должен плотно входить в отверстие в хвостовике рекордера. После установки на плату узла полюсных наконечников якорь следует отцентрировать и после этого закрепить фиксирующий рычаг *11*. Затем устанавливается магнит. Если после установки магнита якорь сместится в сторону, то его центрируют дополнительно. Для этого слегка отпускают винт *17* и поворачивают рычаг *11*, после чего винт снова затягивают.

Для того чтобы в области низких частот характеристика рекордера соответствовала принятой характеристике записи, последовательно с рекордером включается компенсирующий контур, состоящий из сопротивления в 10 *ом*, которое для поднятия высоких частот шунтируется конденсатором в 4 *мкф*. Это сопротивление, кроме того, выравнивает ча-

стотную характеристику полного сопротивления рекордера, что значительно облегчает условия работы выходной ступени усилителя. Частотные характеристики рекордера на



Фиг. 14. Полное сопротивление рекордера Р-83.

пленке с компенсирующим контуром и без него приведены на фиг. 13. Кривые полного сопротивления рекордера для обоих случаев даны на фиг. 14.

Основные данные рекордера

1. Полоса частот от 50 до 4 500 *гц*
2. Полное сопротивление (с компенсирующим контуром) в интервале частот 50—5 000 *гц* 15—19 *ом*.
3. Полное сопротивление (с компенсирующим контуром) на частоте 1 000 *гц* 15,5 *ом*.
4. Чувствительность (с компенсирующим контуром) 2 *в* на 1 *см* блика на частоте 1 000 *гц* при записи на пленке.
5. Индуктивность катушки 850 *мкгн*.
6. Число витков 160, провод ПЭШО 0,3.
7. Вес рекордера 290 *г*.

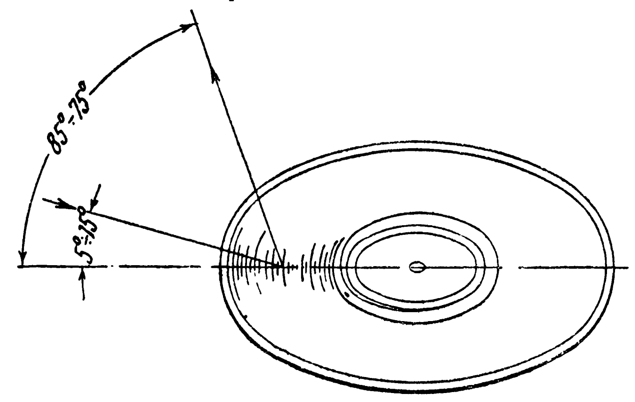
ИСПЫТАНИЯ РЕКОРДЕРА

Самой полной проверкой работы рекордера является воспроизведение сделанной им записи на установке, качество работы которой не внушает сомнений. Для определения конкретных дефектов работы рекордера и устранения их необходимо знать частотную характеристику рекордера, убедиться в прямолинейности его амплитудной характеристики и, наконец, определить чувствительность рекордера на данном звуконосителе.

Непосредственно измерить колебательную скорость резца и амплитуду его отклонения весьма трудно. Поэтому применяют побочные методы измерения.

Если граммпластинку или диск с записью освещать источником света, находящимся на некотором расстоянии, то на записанной поверхности будут видны характерные световые полосы, так называемый световой блик.

Наблюдение за световым бликом лучше производить при вращении пластинки. Тогда можно установить, что чем громче запись, тем шире полоса блика. Световой блик из-за



Фиг. 15. Наблюдение светового блика.

непрерывно меняющегося уровня записи носит резко выраженный зубчатый характер и наблюдается в виде своеобразной яркой елочки с осью симметрии по диаметру диска. Блик синусоидального тона имеет резко ограниченные грани и легко поддается измерению циркулем.

Для получения яркого резко ограниченного блика пластинку нужно освещать из-за спины наблюдателя параллельным пучком света, например, солнечным лучом или лучом от точечного источника света. Блик образуется вследствие того, что при падении на бороздку параллельных лучей света часть их благодаря кривизне записанной бороздки отражается от ее стенок. В результате, наблюдатель видит светящиеся точки. Если вращать записанный диск, то точки сливаются в светящуюся линию. Эта линия тем шире, чем громче запись. Лучи света, попавшие на другие участки записанной бороздки, отразятся в разных направлениях и не попадут в глаз наблюдателя.

Правильное положение источника света и глаза наблюдателя относительно диска показано на фиг. 15. Световой луч должен падать на диск под углом 5—15°. Наблюдение следует вести соответственно под углом 85—75° к диску. Наиболее яркий блик получается при угле порядка 80°.

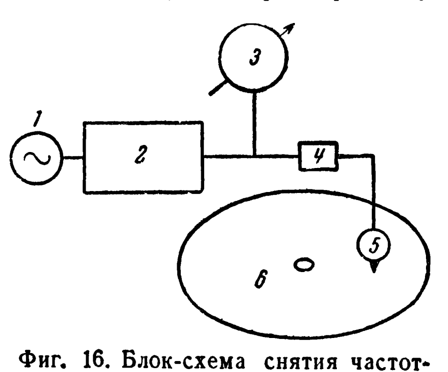
Между шириной светового блика, записанной частотой, амплитудой смещения резца и скоростью вращения диска при записи существует определенная зависимость, которая выражается следующим соотношением:

$$A = \frac{n \cdot b}{120 f} \text{ мм},$$

где A — амплитуда записи, *мм*;
b — ширина блика, *мм*;
n — число об/мин;
f — частота, *гц*.

Таким образом, при записи со скоростью диска 78 об/мин амплитуда записи $A = 0{,}65\ b/f$, а колебательная скорость $x' = 0{,}628\ Af$ *см/сек* $= 0{,}408\ b$ *см/сек*.

Измеряя ширину блика при разных частотах, можно с достаточной точностью снять частотную характеристику рекордера. Для этого делается ряд записей (фиг. 16) различных частот при постоянном, контролируемом индикатором, напряжении на рекордере. Радиальная ширина каждой полоски записи может не превышать 3—4 *мм*. Если запись ведется от центра к краю, то ее начинают с низких частот, а если от края к центру, то, наоборот, с высоких. Делается это для того, чтобы высокие частоты были записаны на больших диаметрах. Обычно записываются частоты 75, 100, 200, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 5 000 и 6 000 *гц*, причем, если встречается необходимость точно выявить какой-нибудь участок характеристики, например, область резонансной частоты, то в этом участке вводятся записи дополнительных частот. Затем производится измерение бликов



Фиг. 16. Блок-схема снятия частотной характеристики рекордера.

1 — генератор; *2* — усилитель; *3* — вольтметр; *4* — компенсирующий контур; *5* — рекордер.

всех записанных частот. Результаты измерений заносятся в таблицу и производится пересчет в децибелы отношений величин блика к какой-нибудь постоянной величине, принимаемой за нулевой уровень. Обычно за нулевой уровень принимается величина блика на частоте 1 000 *гц*.

В табл. 2 приведены цифровые данные частотной характеристики описываемого рекордера (фиг. 13).

Таблица 2

Частота, *гц*	75	100	200	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000
Ширина блика, *мм*	1,6	2,5	4,5	8	10	10,2	13	13,5	9	5
дб . . .	—16	—12	—7	—2	0	+0,2	+2,3	+2,6	—0,8	—6

При помощи светового блика можно с достаточной для практических случаев точностью измерить чувствительность рекордера, т. е. то напряжение, которое надо подвести к рекордеру при частоте 1 000 *гц* для того, чтобы получить на данном звуконосителе блик, равный 1 *см*.

Чувствительность измеряется в вольтах на сантиметр светового блика и не учитывает, таким образом, величины потребляемой рекордером мощности, которая зависит также от величины его полного сопротивления. Поэтому для различных рекордеров иногда приводится та мощность, которую надо подвести к рекордеру для получения на данном звуконосителе блика в 1 *см*. Для рекордера типа Р-83 эта мощность равна 0,3 *вт*.

Изменяя на входе напряжение при постоянной частоте и измеряя величину получающихся световых полос, можно проверить пропорциональность между подводимым к рекордеру напряжением и амплитудой колебаний резца при данной частоте. Обычно выбирается частота 1 000 *гц*, так как на низких частотах даже при самых больших амплитудах блик слишком мал и неудобен для измерений. Напряжение на рекордер типа Р-83 подается, начиная от 0,5 *в* через 0,5 *в* до 10 *в*, причем каждый раз записывается полоса шириной 2—3 *мм*. На 10 *в* максимальный блик достигает величины порядка 50 *мм*, что соответствует максимальной амплитуде записи 32,5 микрона, т. е. несколько больше допустимой. Получаемую запись необходимо контролировать с помощью микроскопа. Если записанная синусоидальная

кривая имеет плоские вершины, то это свидетельствует о наличии нелинейных искажений.

При измерении бликовых характеристик рекомендуется брать диск, позволяющий получить наиболее яркий блик. Резец при измерениях должен быть надежно закреплен в якоре рекордера. Наличие теневых поперечных полос на блике (на частоте 1 000 *гц*) и его размытость указывают на неисправность рекордера или резца.

При наличии звукоснимателя, частотная характеристика которого известна, все измерения можно произвести этим звукоснимателем, пользуясь им как эталоном при проигрывании записанных рекордером частот. Звукосниматель подключается к усилителю с горизонтальной частотной характеристикой, на выходе которого установлен вольтметр. По показаниям этого вольтметра с учетом градуировочной кривой звукоснимателя и строится частотная характеристика записи.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ СТАЛЬНЫМИ ГРАММОФОННЫМИ ИГЛАМИ

Стальные граммофонные иглы разделяются на четыре типа: громкого, тихого тона, универсальные и для электровоспроизведения (для звукоснимателя).

Основные размеры игл приведены в нижеследующей таблице.

Тип игл	Размеры							Угол заточки в градусах
	диаметр, *мм*	общая длина, *мм*	радиус закругления, *мм*	ширина плоской части, *мм*	Толщина плоской части, *мм*	расстояние от начала плоской части до острия, *мм*	диаметр начала конуса, *мм*	
Громкие	1,4—0,06	16±0,5	0,03—0,06	—	—	—	—	25±3
Тихие	1,0—0,06	16±0,5	0,03—0,06	—	—	—	—	25±3
Универсальные . .	1,4—0,06	16±0,5	0,03—0,06	3,0—0,4	0,5—0,1	6,5±0,5	0,7±0,05	25±3
Для электрического воспроизведения	1,4—0,06	19±0,5	0,03—0,06	—	—	—	0,7±0,05	25±3

Стальная игла при воспроизведении обычной граммофонной пластинки постепенно стирается. Это ухудшает воспроизведение высоких частот, так как на этих частотах стертая игла уже не может хорошо

следовать за изгибами канавки. Поэтому стальная игла способна хорошо воспроизвести только одну сторону граммофонной пластинки. Очевидно, что, проигрывая одной и той же иглой несколько сторон, мы будем получать искаженное воспроизведение и, кроме того, портить пластинку.

Совершенно недопустимо поворачивать стертую иглу, пытаясь получить хорошие результаты. Такая игла сначала разрушает пластинку, а после того как притрется, все равно не сможет удовлетворительно воспроизвести высокие частоты.

Любителям граммофонной записи иногда приходится пользоваться универсальными иглами, свойства которых зависят от положения их плоской части (лопатки) по отношению к пластинке. Когда лопатка обращена к пластинке своим ребром, гибкость иглы сравнительно велика и последняя работает как игла тихого тона. Когда же лопатка обращена к пластинке своей плоскостью, то гибкость иглы сильно уменьшается и последняя работает как игла громкого тона.

При электрическом воспроизведении в том случае, когда имеется запас усиления, можно рекомендовать пользоваться иглами тихого тона, а универсальные иглы устанавливать ребром к поверхности пластинки. Применение игл тихого тона (за счет их повышенной гибкости) уменьшает износ пластинок, а также значительно снижает уровень поверхностного шума (шипения).

Децибелы	Десятые децибела									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	100,0	101,2	102,3	103,5	104,7	105,9	107,2	108,4	109,6	110,9
41	112,2	113,5	114,8	116,2	117,5	118,9	120,2	121,6	123,0	124,5
42	125,9	127,4	128,8	130,3	131,8	133,4	134,9	136,5	138,0	139,6
43	141,3	142,9	144,5	146,2	147,9	149,6	151,4	153,1	154,9	156,7
44	158,5	160,3	162,2	164,1	166,0	167,9	169,7	171,8	173,8	175,8
45	177,8	179,9	182,0	184,1	186,2	188,4	190,6	192,8	195,0	197,2
46	199,5	201,8	204,2	206,5	208,9	211,3	213,8	216,3	218,8	221,4
47	223,9	226,5	229,1	231,7	234,4	237,1	239,9	242,7	245,5	248,3
48	251,2	254,1	257,1	260,1	263,0	266,1	269,2	272,3	275,4	278,6
49	281,8	285,1	288,4	291,8	295,1	298,5	302,0	305,5	309,0	312,6
50	316,2	319,9	323,6	327,3	331,1	335,0	338,8	342,8	346,7	350,8
51	354,8	358,9	363,1	367,3	371,5	375,8	380,2	384,6	389,0	393,5
52	398,1	402,7	407,4	412,1	416,9	421,7	426,6	431,5	436,5	441,6
53	446,7	451,9	457,1	462,4	467,7	473,2	478,6	484,2	489,8	495,5
54	501,2	507,0	512,9	518,8	524,8	530,9	537,0	543,2	549,5	555,9
55	562,3	568,9	575,4	582,1	588,8	595,7	602,6	609,6	616,6	623,7
56	631,0	638,3	645,7	653,1	660,7	668,4	676,1	683,9	691,8	699,8
57	707,9	716,1	724,4	732,8	741,3	749,9	758,6	767,4	776,2	785,2
58	794,3	803,5	812,8	822,2	831,8	841,4	851,1	861,0	871,0	884,9
59	891,3	901,6	912,0	922,6	933,3	944,1	955,0	966,1	977,2	988,6
60	1 000	1 012	1 023	1 035	1 047	1 059	1 072	1 084	1 096	1 109
61	1 122	1 135	1 148	1 162	1 175	1 189	1 202	1 216	1 230	1 245
62	1 259	1 274	1 288	1 303	1 318	1 334	1 349	1 365	1 380	1 396
63	1 413	1 429	1 445	1 462	1 479	1 496	1 514	1 531	1 549	1 567
64	1 585	1 603	1 622	1 641	1 660	1 679	1 698	1 718	1 738	1 758
65	1 778	1 799	1 820	1 841	1 862	1 884	1 906	1 928	1 950	1 972
66	1 995	2 018	2 042	2 065	2 089	2 113	2 138	2 163	2 188	2 214
67	2 239	2 265	2 291	2 317	2 344	2 371	2 399	2 427	2 455	2 483
68	2 512	2 541	2 571	2 601	2 630	2 661	2 692	2 723	2 754	2 786
69	2 818	2 851	2 884	2 918	2 951	2 985	3 020	3 055	3 090	3 126
70	3 162	3 199	3 236	3 273	3 311	3 350	3 388	3 428	3 467	3 508
71	3 548	3 589	3 631	3 673	3 715	3 758	3 802	3 846	3 890	3 935
72	3 981	4 027	4 074	4 121	4 169	4 217	4 266	4 315	4 365	4 416
73	4 467	4 519	4 571	4 624	4 677	4 732	4 786	4 842	4 898	4 955
74	5 012	5 070	5 129	5 181	5 248	5 309	5 370	5 432	5 495	5 555

децибелы	отношение	децибелы	отношение	децибелы	отношение	децибелы	отношение	децибелы	отношение
75	5 623	80	10 000	85	17 780	90	31 620	95	56 230
76	6 310	81	11 220	86	19 950	91	35 480	96	63 100
77	7 099	82	12 590	87	22 390	92	39 810	97	70 790
78	7 943	83	14 130	88	25 120	93	44 670	98	79 430
79	8 913	84	15 850	89	28 180	94	50 120	99	89 130
								100	100 000

Цена 1 руб.